

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 8 月 15 日 (15.08.2002)

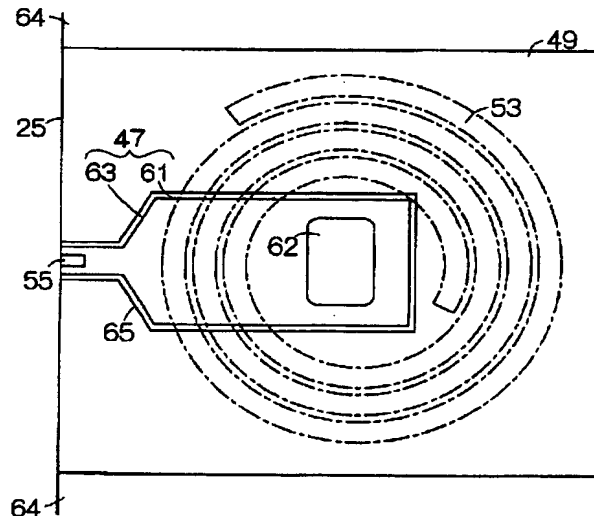
PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/063614 A1

- (51) 国際特許分類: G11B 5/31, 5/39 (NISHIDA, Syuji) [JP/JP]. 田河青也 (TAGAWA, Ikuya) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/00785
- (22) 国際出願日: 2001 年 2 月 5 日 (05.02.2001) (74) 代理人: 山崎 薫 (YAMAZAKI, Kaoru); 〒102-0074 東京都千代田区九段南4丁目6番13号 ニュー九段マンション403 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): JP, US.
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西田周治
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: THIN FILM MAGNETIC HEAD, MAGNETIC HEAD ASSEMBLY, AND COMPOSITE THIN FILM MAGNETIC HEAD

(54) 発明の名称: 薄膜磁気ヘッド及び磁気ヘッドアセンブリ、複合薄膜磁気ヘッド



(57) Abstract: A thin magnetic head wherein a lower pole layer (47) has a core width which decreases toward the front end facing the opposite surface (25) of a medium. The magnetic flux efficiently concentrates on the front end of the lower pole layer (47). The recording magnetic field increases. A radiating layer (49) is formed around the lower pole layer (47). The heat from a spiral coil pattern (53) is efficiently transmitted to the radiating layer (49). The radiating layer (49) can contribute to dissipation of heat from the spiral coil pattern (53) in addition to the lower pole layer (47). Even if the lower pole layer (47) is narrowed, an excessive rise in the temperature of the spiral coil pattern (53) can be avoided to the fullest extent.

[続葉有]

WO 02/063614 A1

(57) 要約:

薄膜磁気ヘッドでは、下部磁極層（４７）は、媒体対向面（２５）に臨む先端に向かってコア幅を狭める。磁束は下部磁極層（４７）の先端に効率的に集中する。記録磁界は増大する。下部磁極層（４７）の周囲には放熱層（４９）が形成される。渦巻きコイルパターン（５３）の熱は放熱層（４９）に効率的に伝達される。放熱層（４９）は、下部磁極層（４７）に加えて渦巻きコイルパターン（５３）の放熱に寄与することができる。たとえ下部磁極層（４７）が狭小化されても渦巻きコイルパターン（５３）の過度の温度上昇は最大限に回避されることができる。

明細書

薄膜磁気ヘッド及び磁気ヘッドアセンブリ、複合薄膜磁気ヘッド

5 技術分野

本発明は、例えば磁気ディスク駆動装置や磁気テープ駆動装置といった磁気記録媒体駆動装置に用いられる薄膜磁気ヘッドに関する。

背景技術

- 10 例えば磁気抵抗効果（MR）素子といった読み出しヘッドと組み合わせられて使用される複合薄膜磁気ヘッドは広く知られる。こういった複合薄膜磁気ヘッドでは、一般に、下部磁極層は読み出しヘッドのシールド層を兼ねる。したがって、下部磁極層は上部磁極層よりも大きなコア幅を備えなければならない。すなわち、下部磁極層では、上部磁極層に比べて広い範囲で磁束の通り道は形成される。い
- 15 わゆる媒体対向面に臨む先端に磁束を十分に収束させることはできない。下部磁極層を流れる磁束は記録磁界の形成に最大限に寄与することはできない。

- その一方で、磁気記録媒体の記録密度を高めるにあたって、薄膜磁気ヘッドに組み込まれるコイルパターンは一層微細化されることが予想される。こうしてコイルパターンが微細化されると、コイルパターンの発熱は増大する。コイルパ
- 20 ターの熱は効率的に放散されることが望まれる。

発明の開示

- 本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、媒体対向面に臨む先端に効率的に磁束を集中させることができる下部磁極層を備える複合薄膜磁気ヘッドを提供
- 25 することを目的とする。加えて、本発明は、コイルパターンから効率的に熱を放散させることができる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、第1発明によれば、下部シールド層と、上部シールド層と、下部シールド層および上部シールド層の間に挟み込まれて、媒体対向面に臨む磁気抵抗効果素子と、上部シールド層の表面に形成される非磁性層と、

媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ非磁性層の表面に沿って広がる下部磁極層と、少なくとも部分的に下部磁極層上で絶縁層内に形成される渦巻きコイルパターンと、渦巻きコイルパターンの中心位置で下部磁極層との間に磁気結合を確立し、媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ絶縁層の表面に沿って広がる上部磁極層とを備えることを特徴とする複合薄膜磁気ヘッドが提供される。

かかる薄膜磁気ヘッドでは、導電性の渦巻きコイルパターンに電流が供給されると、渦巻きコイルパターンで磁界は生起される。生起された磁界に基づき上部磁極層および下部磁極層に磁束は流通する。このとき、上部磁極層や下部磁極層では、磁束の通り道は媒体対向面に近づくにつれて狭められる。その結果、上部磁極層や下部磁極層の前端には効率的に磁束は集中することができる。特に、従来の薄膜磁気ヘッドに比べて下部磁極層で磁束の通り道は最大限に狭められることから、上部磁極層および下部磁極層の前端では効率的に磁界は生成される。最大限に強い磁界は確立されることができる。

第2発明によれば、媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ基礎層の表面に沿って広がる下部磁極層と、下部磁極層の周囲で基礎層の表面に沿って広がる放熱層と、放熱層の周囲で基礎層の表面に沿って広がる非磁性層とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッドが提供される。

一般に、薄膜磁気ヘッドでは、供給される電流に基づき渦巻きコイルパターンで磁界は生成される。このとき、渦巻きコイルパターンは、供給される電流に基づき発熱する。こういった熱は下部磁極層を伝って渦巻きコイルパターンから放散される。下部磁極層の周囲に放熱層が配置されれば、たとえ下部磁極層が狭小化されても渦巻きコイルパターンの熱は放熱層に効率的に伝達されることができる。放熱層は、下部磁極層に加えて渦巻きコイルパターンの放熱に寄与することができる。渦巻きコイルパターンからの放熱は促進されることができる。渦巻きコイルパターンの過度の温度上昇は最大限に回避されることができる。

こういった薄膜磁気ヘッドでは、渦巻きコイルパターンは、放熱層の輪郭すなわち外縁の内側領域で絶縁層内に形成されればよい。こうして渦巻きコイルパターンが広がる領域に満遍なく放熱層が行き渡れば、渦巻きコイルパターンの熱は

満遍なく効率的に放熱層に伝達されることができる。したがって、渦巻きコイルパターンの放熱は確実に促進されることができる。ただし、放熱層の広がり、渦巻きコイルパターンの発熱量や放熱層の熱伝達特性に応じて渦巻きコイルパターンの外縁よりも狭められてもよい。

- 5 渦巻きコイルパターンの放熱を促進するにあたって、放熱層は金属材料から構成されることが望まれる。特に、下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で放熱層が構成されれば、渦巻きコイルパターンの放熱は一層効果的に促進されることができる。しかも、そういった高熱伝導材料が非磁性を示せば、放熱層で不要な磁束が生成されることは回避されることができ、したがって、薄膜磁気ヘッドのインダクタンスは低減されることができる。こういったインダクタンスの低減によれば、上部磁極層や下部磁極層では、渦巻きコイルパターンに供給される電流の反転時に磁化反転の応答速度は改善されることができる。

- 15 以上のような薄膜磁気ヘッドは、基礎層の表面に沿って延び、下部磁極層と放熱層とを隔てる非磁性壁をさらに備えてもよい。こうした非磁性壁の働きによれば、たとえ放熱層に磁性材料が用いられる場合でも、放熱層と下部磁極層との磁気的な結合は確実に阻害されることができる。放熱層が配置されても、下部磁極層では磁束の通り道は拡大されることはない。非磁性壁は絶縁性を備えることが望まれる。

- 20 以上のような薄膜磁気ヘッドはいわゆる磁気ヘッドアセンブリに組み込まれて使用されればよい。磁気ヘッドアセンブリは、例えば磁気記録媒体に向き合う媒体対向面で薄膜磁気ヘッドを露出させるヘッドスライダと、このヘッドスライダを片持ち支持する弾性サスペンションとを備えればよい。

25 図面の簡単な説明

図1は、ハードディスク駆動装置（HDD）の構造を概略的に示す平面図である。

図2は、一具体例に係る浮上ヘッドスライダの構造を概略的に示す拡大斜視図である。

図 3 は、浮上ヘッドスライダの浮上面で観察される複合薄膜磁気ヘッドを概略的に示す正面図である。

図 4 は、図 3 の 4 - 4 線に沿った断面図である。

図 5 は、上部磁極層の形状を示す薄膜磁気ヘッドの平面図である。

5 図 6 は、図 3 の 6 - 6 線に沿った断面図である。

図 7 は、薄膜磁気ヘッドの磁界強度を示すグラフである。

図 8 は、薄膜磁気ヘッドの磁界特性を示すグラフである。

図 9 は、薄膜磁気ヘッドの 1 製造工程を概略的に示す平面図である。

10 発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

図 1 は磁気記録媒体駆動装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置（HDD）11 の内部構造を概略的に示す。この HDD 11 は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体 12 を備える。收容空間には、記録媒体としての 1 枚以上の磁気ディスク 13 が收容される。磁気ディスク 13 はスピンドルモータ 14 の回転軸に装着される。スピンドルモータ 14 は、例えば 7200 rpm や 10000 rpm といった高速度で磁気ディスク 13 を回転させることができる。筐体本体 12 には、筐体本体 12 との間で收容空間を密閉する蓋体すなわちカバー（図示せず）が結合される。

20 收容空間には、垂直方向に延びる支軸 15 回りで揺動するキャリッジ 16 がさらに收容される。このキャリッジ 16 は、支軸 15 から水平方向に延びる剛体の揺動アーム 17 と、この揺動アーム 17 の先端に取り付けられて揺動アーム 17 から前方に延びる弾性サスペンション 18 とを備える。周知の通り、弾性サスペンション 18 の先端では、いわゆるジンバルばね（図示せず）の働きで浮上ヘッドスライダ 19 は片持ち支持される。浮上ヘッドスライダ 19 には、磁気ディスク 13 の表面に向かって弾性サスペンション 18 から押し付け力が作用する。磁気ディスク 13 の回転に基づき磁気ディスク 13 の表面で生成される気流の働きで浮上ヘッドスライダ 19 には浮力が作用する。弾性サスペンション 18 の押し付け力と浮力とのバランスで磁気ディスク 13 の回転中に比較的の高い剛性で浮

上ヘッドスライダ19は浮上し続けることができる。

こうした浮上ヘッドスライダ19の浮上中に、キャリッジ16が支軸15回りで揺動すると、浮上ヘッドスライダ19は半径方向に磁気ディスク13の表面を横切ることができる。こうした移動に基づき浮上ヘッドスライダ19は磁気ディスク13上の所望の記録トラックに位置決めされる。このとき、キャリッジ16の揺動は例えばボイスコイルモータ（VCM）といったアクチュエータ21の働きを通じて実現されればよい。周知の通り、複数枚の磁気ディスク13が筐体本体12内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク13同士の間で1本の揺動アーム17に対して2つの弾性サスペンション18が搭載される。

- 10 図2は浮上ヘッドスライダ19の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ19は、平たい直方体に形成される Al_2O_3-TiC （アルチック）製のスライダ本体22と、このスライダ本体22の空気流出端に接合されて、読み出し書き込みヘッドすなわち複合薄膜磁気ヘッド23を内蔵する Al_2O_3 （アルミナ）製のヘッド素子内蔵膜24とを備える。スライダ本体22およびヘッド素子内蔵膜24には、磁気ディスク13に対向する媒体対向面すなわち浮上面25が規定される。磁気ディスク13の回転に基づき生成される気流26は浮上面25に受け止められる。

- 20 浮上面25には、空気流入端から空気流出端に向かって延びる2筋のレール27が形成される。各レール27の頂上面にはいわゆるABS（空気軸受け面）28が規定される。ABS28では気流26の働きに応じて前述の浮力が生成される。ヘッド素子内蔵膜24に埋め込まれた複合薄膜磁気ヘッド23はABS28で読み出しギャップや書き込みギャップを形成する。

- 25 図3に示されるように、複合薄膜磁気ヘッド23は、磁気抵抗効果（MR）素子41を利用して磁気ディスク13から磁気情報を読み取る読み出しヘッド42と、後述されるように、渦巻きコイルパターンで生起される磁界を利用して磁気ディスク13に磁気情報を記録する磁気誘導書き込みヘッドすなわち薄膜磁気ヘッド43とを備える。周知の通り、MR素子41は上下1対のシールド層44、45に挟み込まれる。シールド層44、45の間で読み出しギャップは規定される。シールド層44、45は例えばFeNやNiFeといった磁性材料から構成

されればよい。MR素子41には巨大磁気抵抗効果(GMR)素子やトンネル接合磁気抵抗効果(TMR)素子が用いられることができる。

図4に示されるように、薄膜磁気ヘッド43は、シールド層45上で任意の基準平面46に沿って広がる下部磁極層47を備える。この基準平面46は、例えばシールド層45上に均一厚みで積層形成される Al_2O_3 といった非磁性層48の表面で規定される。この非磁性層48はシールド層45と下部磁極層47との間で磁気的な結合を断ち切る。下部磁極層47の周囲には、同様に基準平面46に沿って広がる放熱層49が形成される。下部磁極層47や放熱層49の詳細は後述される。

- 10 下部磁極層47および放熱層49上には非磁性ギャップ層51が積層形成される。非磁性ギャップ層51上には、絶縁層52に埋め込まれた渦巻きコイルパターン53が形成される。絶縁層52の表面には上部磁極層54が形成される。上部磁極層54の後端は渦巻きコイルパターン53の中心位置で下部磁極層47の後端に磁気的に連結される。こうして上部磁極層54と下部磁極層47とは、渦
- 15 巻きコイルパターン53の中心位置を貫通する磁性コアを形成する。電流に供給に応じて渦巻きコイルパターン53に磁界が生起されると、磁性コア内で磁束は流通する。渦巻きコイルパターン53は例えばCuといった導電金属材料から構成されればよい。

- 20 浮上面25に臨む上部磁極層54の前端と、同様に浮上面25に臨む下部磁極層47の前端との間には非磁性ギャップ層51が挟み込まれる。こうして書き込みギャップは形成される。非磁性ギャップ層51の働きで、磁性コアを流通する磁束は上部磁極層54および下部磁極層47の前端で浮上面25から漏れ出る。こうして漏れ出る磁束の働きでギャップ磁界すなわち記録磁界は形成される。図3および図4から明らかなように、下部磁極層47および上部磁極層54の間
- 25 は、下部磁極層47の表面から上部磁極層54に向かって突出する微小な下部副磁極片55や、同様に上部磁極層54の表面から下部磁極層47に向かって突出する微小な上部副磁極片56が配置されてもよい。こういった下部副磁極片55や上部副磁極片56の働きによれば、単純に下部磁極層47と上部磁極層54とが向き合う場合に比べて狭小な書き込みギャップは規定されることができる。こ

ういった場合には、下部磁極層 47 の表面と非磁性ギャップ層 51 との間には例えば Al_2O_3 といった非磁性材料が埋め込まれればよい。

図 5 に示されるように、上部磁極層 54 は、渦巻きコイルパターン 53 の中心位置から浮上面 25 に向かってほぼ均一なコア幅で延びる本体コア層 57 と、この本体コア層 57 の前端に接続されて、浮上面 25 で露出する先端に向かってコア幅を狭めつつ延びる先端磁極層 58 とを備える。こういった上部磁極層 54 によれば、磁性コア内を流通する磁束の通り道は浮上面 25 に近づくにつれて狭められることができる。その結果、上部磁極層 54 の前端すなわち先端磁極層 58 の先端には効率的に磁束は集中することができる。こうした上部磁極層 54 は記録磁界の増大に大いに寄与することができる。上部磁極層 54 は例えば FeN や $NiFe$ といった磁性材料から構成されればよい。

ここで、図 6 を参照しつつ下部磁極層 47 および放熱層 49 を詳細に説明する。下部磁極層 47 は、前述の上部磁極層 54 と同様に、渦巻きコイルパターン 53 の中心位置から浮上面 25 に向かってほぼ均一なコア幅で延びる本体コア層 61 を備える。本体コア層 61 のコア幅は、上部磁極層 54 との結合部いわゆるバックギャップ 62 とほぼ同一に設定されればよい。すなわち、渦巻きコイルパターン 53 は本体コア層 61 の後端や両側から大きくはみ出す。こうして下部磁極層 47 の広がりには制限される。磁束の通り道は比較的狭められる。

本体コア層 61 の前端には、浮上面 25 で露出する先端に向かってコア幅を狭めつつ延びる先端磁極層 63 が接続される。こういった先端磁極層 63 によれば、下部磁極層 47 内を流通する磁束の通り道は浮上面 25 に近づくにつれて狭められることができる。こうして下部磁極層 47 は、前述の上部磁極層 54 の輪郭に対応した輪郭で規定される。その結果、上部磁極層 54 と同様に、下部磁極層 47 の前端すなわち先端磁極層 63 の先端には効率的に磁束は集中することができる。下部磁極層 54 は例えば FeN や $NiFe$ といった磁性材料から構成されればよい。

図 6 から明らかなように、放熱層 49 の内縁は下部磁極層 47 の輪郭で規定される。その一方で、放熱層 49 の外縁は、渦巻きコイルパターン 53 の外縁よりも大きい矩形で規定される。すなわち、渦巻きコイルパターン 53 を含む領域は

放熱層 4 9 の輪郭すなわち外郭の内側に制限される。放熱層 4 9 の前端は浮上面 2 5 に臨む。放熱層 4 9 は、例えば Al_2O_3 よりも高い熱伝導率を備える金属材料から構成されればよい。ここでは、放熱層 4 9 の材料には下部磁極層 4 7 と同一のものが用いられる。こういった放熱層 4 9 は渦巻きコイルパターン 5 3 の熱を効率的に吸収することができる。放熱層 4 9 の周囲には、基準平面 4 6 に沿って広がる Al_2O_3 といった非磁性層 6 4 が形成される。

放熱層 4 9 と下部磁極層 4 7 との間では前述の基準平面 4 6 に沿って非磁性壁 6 5 が延びる。この非磁性壁 6 5 は放熱層 4 9 と下部磁極層 4 7 とを相互に隔てる。こういった非磁性壁 6 5 の働きによれば、たとえ放熱層 4 9 に磁性材料が用いられても、放熱層 4 9 と下部磁極層 4 7 との磁気的な結合は阻害されることができる。

いま、薄膜磁気ヘッド 4 3 に書き込み信号が供給される場面を想定する。渦巻きコイルパターン 5 3 に電流が供給されると、渦巻きコイルパターン 5 3 で磁界は生起される。生起された磁界に基づき上部磁極層 5 4 および下部磁極層 4 7 に磁束は流通する。このとき、下部磁極層 4 7 では上部磁極層 5 4 と同様に最大限に磁束の通り道は狭められることから、書き込みギャップでは効率的に記録磁界は生成される。最大限に強い記録磁界は確立される。

書き込み指令で特定される 2 値情報が反転するたびに、渦巻きコイルパターン 5 3 に供給される電流の向きは反転する。電流の向きが反転すると、上部磁極層 5 4 や下部磁極層 4 7 に流通する磁束は反転する。このとき、下部磁極層 4 7 の表面積は上部磁極層 5 4 と同様に最大限に縮小されることから、下部磁極層 4 7 の表面で渦電流の発生は抑制される。こうして渦電流の発生が抑制されると、下部磁極層 4 7 内では瞬時に磁化は反転することができる。その結果、薄膜磁気ヘッド 4 3 では、書き込み指令で特定される 2 値情報の反転に対する応答速度は高められる。薄膜磁気ヘッド 4 3 は、さらに高い周波数域の書き込み指令に対応することが可能となる。

以上のように渦巻きコイルパターン 5 3 に電流が供給されると、渦巻きコイルパターン 5 3 は発熱する。渦巻きコイルパターン 5 3 の熱は、下部磁極層 4 7 や上部磁極層 5 4 に加えて放熱層 4 9 に効率的に伝達される。下部磁極層 4 7、上

部磁極層 5 4 および放熱層 4 9 の表面は渦巻きコイルパターン 5 3 の放熱に寄与することができる。その結果、渦巻きコイルパターン 5 3 からの放熱は促進される。渦巻きコイルパターン 5 3 の過度の温度上昇は最大限に回避される。

本発明者は、以上のような薄膜磁気ヘッド 4 3 の磁界特性を検証した。この検証にあたって三次元有限要素法に従って数値解析が実施された。このとき、比較例に係る薄膜磁気ヘッドの磁界特性が同時に解析された。この比較例では、前述の非磁性壁 6 5 が取り払われ、前述の下部磁極層 4 7 と放熱層 4 9 とが完全に一体化された。すなわち、下部磁極層は渦巻きコイルパターン 5 3 の外縁よりも大きい矩形に形成された。

検証の結果、図 7 に示されるように、前述の薄膜磁気ヘッド 4 3 は、比較例に係る薄膜磁気ヘッドに比べて大きな記録磁界を生成することが実証された。しかも、図 8 から明らかなように、渦巻きコイルパターン 5 3 に与えられる起磁力の反転すなわち 2 値情報の反転に対して比較例に係る薄膜磁気ヘッドよりも素早く反応することが実証された。ここで、起磁力は、渦巻きコイルパターン 5 3 に供給される電流の大きさ [A] と渦巻きコイルパターン 5 3 の巻き数 [Turn] との積で表現される。

次に薄膜磁気ヘッド 4 3 の製造方法を簡単に説明する。この製造にあたって予めアルチック製のウェハー（図示せず）上には、周知の方法に従って、シールド層 4 4、4 5 やシールド層 4 4、4 5 の間で例えば Al_2O_3 に埋め込まれる MR 素子 4 1 が作り込まれる。シールド層 4 5 上には均一の厚みで非磁性層 4 8 が積層形成される。こうして非磁性層 4 8 の表面には基準平面 4 6 が規定される。

続いて、基準平面 4 6 では、例えば図 9 に示されるように、下部磁極層 4 7 および放熱層 4 9 の輪郭を象ったフォトレジスト膜 7 1 が形成される。このとき、フォトレジスト膜 7 1 は、下部磁極層 4 7 の輪郭と放熱層 4 9 の内縁との間に非磁性壁 6 5 に対応する壁 7 1 a を作り出す。その後、基準平面 4 6 では FeN や NiFe といった磁性材料でめっき成膜が実施される。周知の通り、この電解めっき法が用いられる場合には、非磁性層 4 8 の表面には予め通電用のめっきベース膜が形成されればよい。このめっき成膜を通じて下部磁極層 4 7 や放熱層 4 9 は形成される。形成後、フォトレジスト膜 7 1 は除去される。

続いて、基準平面46上では例えば Al_2O_3 といった非磁性材料が積層される。その後、下部磁極層47や放熱層49が露出するまで平坦化処理が施されると、下部磁極層47と放熱層49との間には非磁性壁65が確立される。同時に、放熱層49の周囲では、基準平面46に沿って広がる非磁性層64が確立される。

- 5 こうして下部磁極層47や放熱層49、非磁性壁65、非磁性層64が形成された後に、平坦化された露出面に、下部副磁極片55や非磁性ギャップ層51、上部副磁極片56、絶縁層52、渦巻きコイルパターン53、上部磁極層54は順次に積層形成されていく。こういった積層形成にあたっては周知の形成方法が用いられればよい。こうして形成された読み出しヘッド42や薄膜磁気ヘッド43は最終的に Al_2O_3 層に埋め込まれる。ヘッド素子内蔵膜24は形成される。
- 10 その後、ウェハーから個々の浮上ヘッドスライダ19は切り出される。

- なお、以上のような薄膜磁気ヘッド43では、前述の放熱層49の形成にあたって非磁性材料が用いられてもよい。こういった非磁性材料の採用によれば、放熱層49で不要な磁束が生成されることは回避されることができる。薄膜磁気ヘッド43の特性は一層高められることができる。この場合には、前述の非磁性壁65は取り払われてもよい。このように放熱層49の形成にあたって下部磁極層47の材料と異なる材料が用いられる場合には、下部磁極層47と放熱層49とは基準平面46上で個別に積層形成されればよい。
- 15

- また、以上のような薄膜磁気ヘッド43では、前述の放熱層49の形成にあたって、下部磁極層47の材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導率材料が用いられることが望まれる。例えば前述のように下部磁極層47に FeN や NiFe が用いられる場合には、放熱層49には例えば Cu といった高熱伝導率材料が用いられればよい。こういった材料の採用によれば、放熱層49に一層効率的に渦巻きコイルパターン53の熱は伝達されることができる。したがって、放熱層49の形成にあたって下部磁極層47と同一の材料が用いられる場合に比べて、渦巻きコイルパターン53の過度の温度上昇は一層効果的に回避されることができる。
- 20
- 25

 さらに、以上のような薄膜磁気ヘッド43では、放熱層49の広がりや渦巻きコイルパターン53の発熱量や放熱層49の伝熱特性に基づき調整されてもよい。

十分な放熱特性が得られる限り、放熱層 4 9 の外縁は渦巻きコイルパターン 5 3 の外縁よりも小さく規定されてもよい。

5 以上のような薄膜磁気ヘッド 4 3 は、前述のような HDD 1 1 に利用されるだけでなく、その他の磁気ディスク駆動装置や磁気テープ駆動装置といった磁気記録媒体駆動装置に利用されてもよい。

請求の範囲

1. 媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ基礎層の表面に沿って広がる下部磁極層と、下部磁極層の周囲で基礎層の表面に沿って広がる放熱層と、
5 放熱層の周囲で基礎層の表面に沿って広がる非磁性層とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

2. 請求の範囲第1項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層の輪郭の内側で絶縁層内に形成される渦巻きコイルパターンと、渦巻きコイルパターンの中心位置で前記下部磁極層との間に磁気結合を確立し、媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ絶縁層の表面に沿って広がる上部磁極層とをさらに備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

3. 請求の範囲第2項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は金属材料
15 から構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

4. 請求の範囲第3項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は、前記下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

20

5. 請求の範囲第3項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は非磁性材料から構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

6. 請求の範囲第5項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は、前記下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

7. 請求の範囲第3項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記基礎層の表面には、前記下部磁極層と放熱層とを隔てる非磁性壁が形成されることを特徴とする薄膜

磁気ヘッド。

8. 請求の範囲第7項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は、前記下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

9. 請求の範囲第7項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は非磁性材料から構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

10. 請求の範囲第9項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は、前記下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

11. 請求の範囲第7項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記非磁性壁は絶縁性を備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

12. 請求の範囲第11項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は、前記下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

13. 請求の範囲第11項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は非磁性材料から構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

14. 請求の範囲第13項に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記放熱層は、前記下部磁極を構成する材料よりも高い熱伝導率を備える高熱伝導材料で構成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

15. 媒体対向面を規定するヘッドスライダと、ヘッドスライダを片持ち支持する弾性サスペンションと、ヘッドスライダに形成されて、媒体対向面に臨む先端

- 5 に向かってコア幅を狭めつつ基礎層の表面に沿って広がる下部磁極層と、下部磁極層の周囲で基礎層の表面に沿って広がる放熱層と、放熱層の周囲で基礎層の表面に沿って広がる非磁性層と、放熱層の輪郭の内側で絶縁層内に形成される導電コイルパターンと、導電コイルパターンの中心位置で下部磁極層との間に磁気結合を確立し、媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ絶縁層の表面に沿って広がる上部磁極層とを備えることを特徴とする磁気ヘッドアセンブリ。

- 10 16. 下部シールド層と、上部シールド層と、下部シールド層および上部シールド層の間に挟み込まれて、媒体対向面に臨む磁気抵抗効果素子と、上部シールド層の表面に形成される非磁性層と、媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ非磁性層の表面に沿って広がる下部磁極層と、少なくとも部分的に下部磁極層上で絶縁層内に形成される渦巻きコイルパターンと、渦巻きコイルパターンの中心位置で下部磁極層との間に磁気結合を確立し、媒体対向面に臨む先端に向かってコア幅を狭めつつ絶縁層の表面に沿って広がる上部磁極層とを備えること
- 15 を特徴とする複合薄膜磁気ヘッド。

1/6

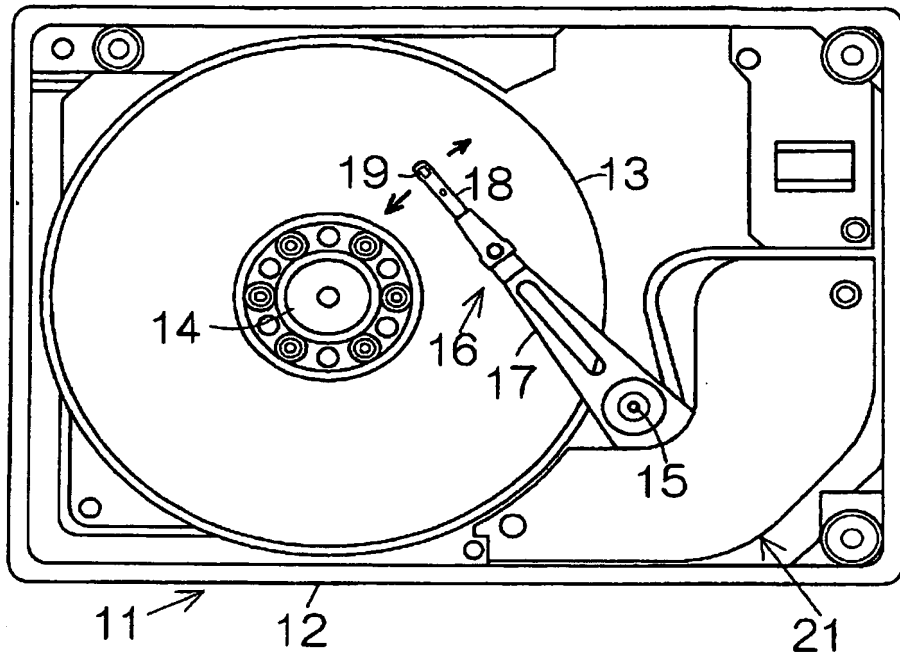


FIG. 1

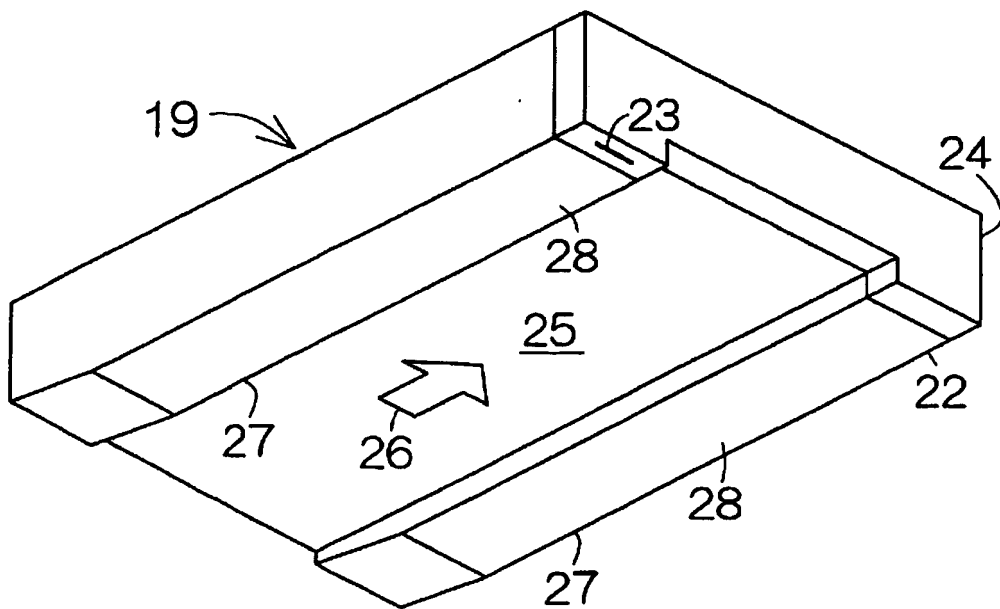


FIG. 2

This cross-sectional view shows a substrate with several layers. From bottom to top, the layers are labeled 41, 44, 45, and 48. A patterned layer (52) is formed on top of layer 48, containing several rectangular elements (53) and a central region (54). A dashed line 46 indicates a boundary or interface. Other labels include 25, 51, 55, 56, and 49, which point to various structural features and interfaces within the device.

FIG.4

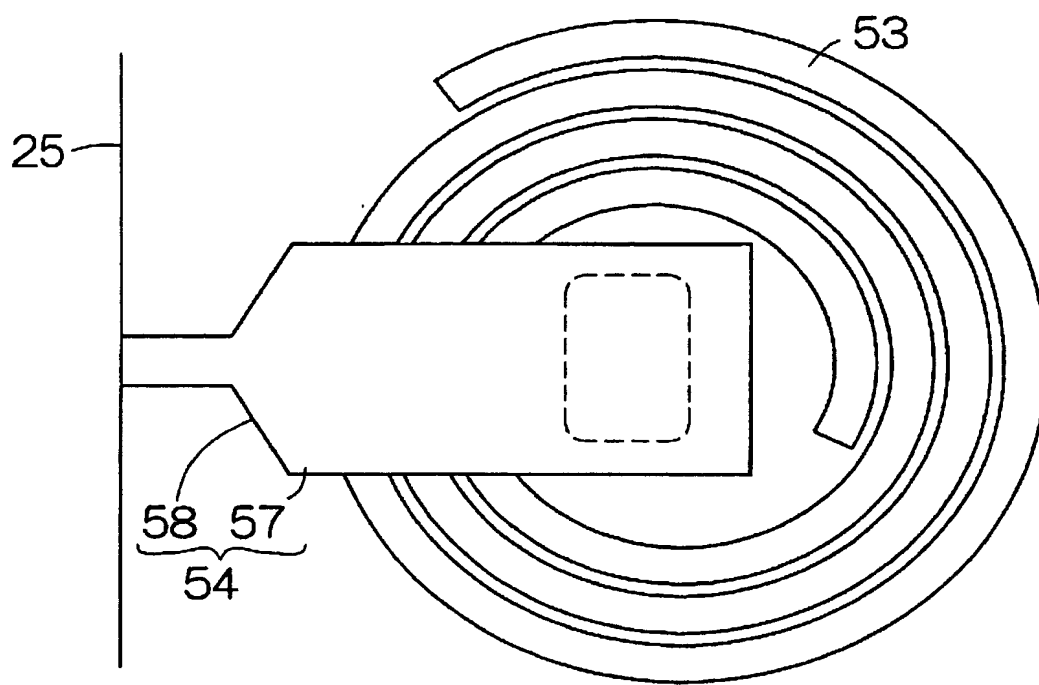


FIG. 5

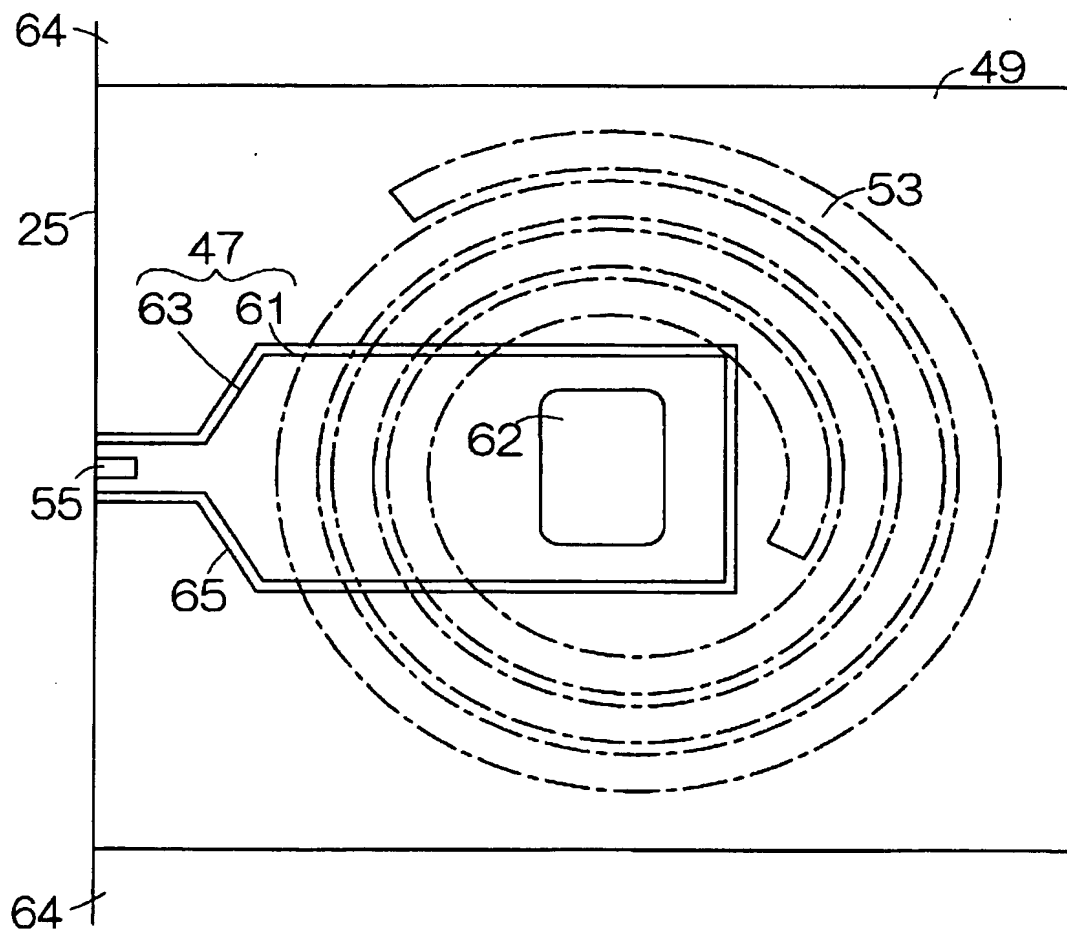


FIG. 6

5/6

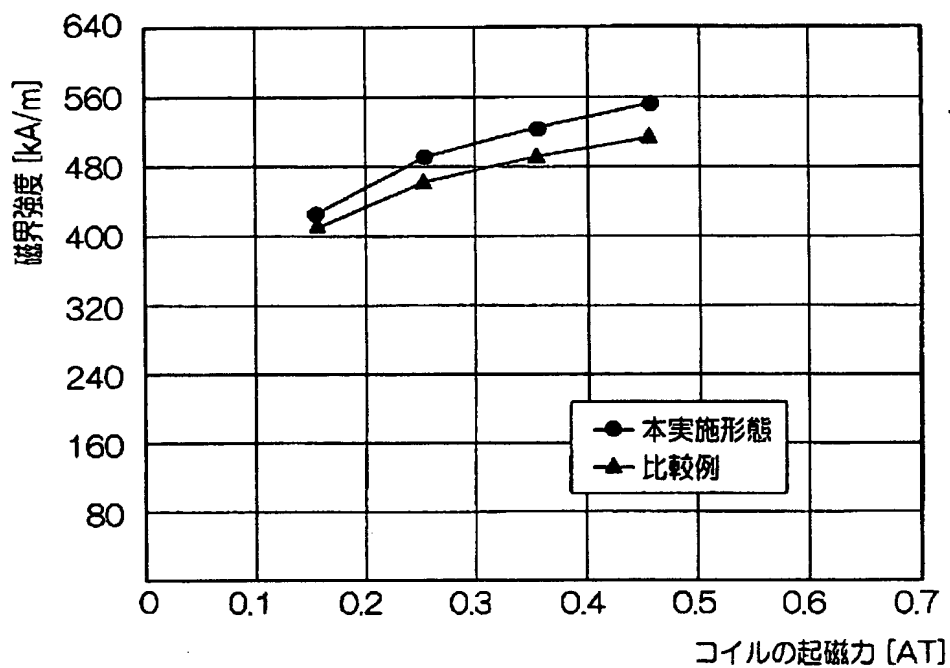


FIG.7

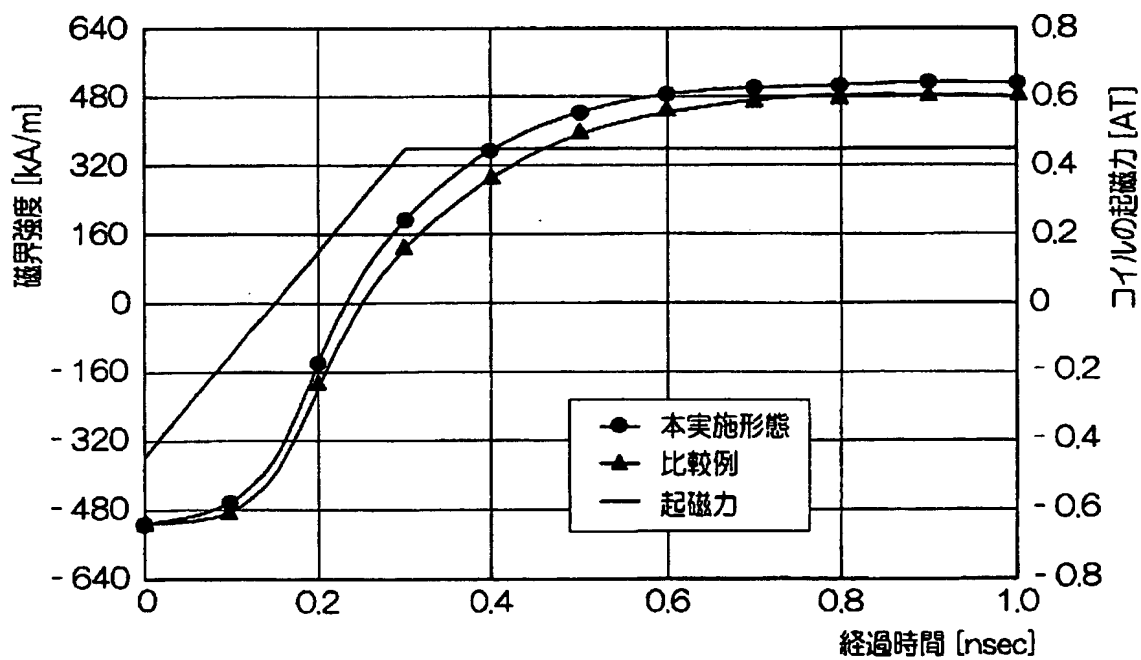


FIG.8

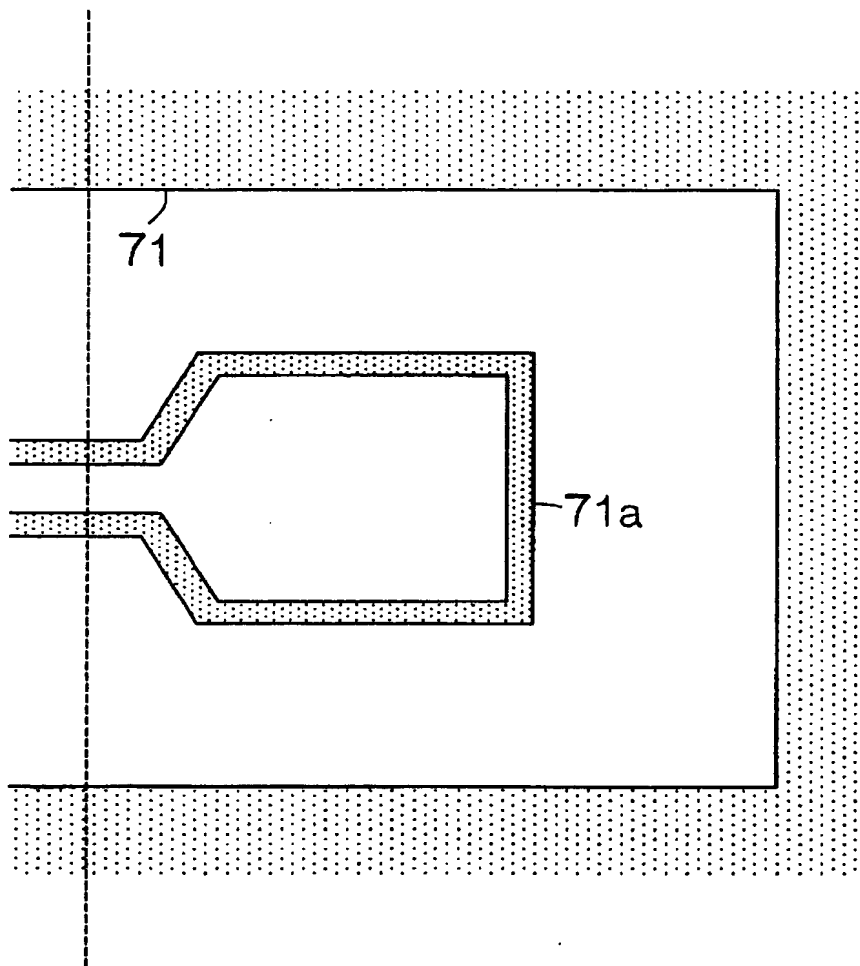


FIG.9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00785

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G11B 5/31Int.Cl⁷ G11B 5/39

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G11B 5/31Int.Cl⁷ G11B 5/39

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 6-150253, A (Riido Raito S M I K.K.), 31 May, 1994 (31.05.94), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-15
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.25590/1993 (Laid-open No.84507/1994) (Citizen Watch Co., Ltd.), 02 December, 1994 (02.12.94), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-15
A	JP, 7-121826, A (Alps Electric Co., Ltd.), 12 May, 1995 (12.05.95), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-15
X	JP, 5-182145, A (Hitachi, Ltd.), 23 July, 1993 (23.07.93), Full text; Fig. 1 (Family: none)	16
X	JP, 6-36234, A (TDK Corporation), 10 February, 1994 (10.02.94), Full text; Figs. 1, 3 (Family: none)	16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance"E" earlier document but published on or after the international filing
date"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 April, 2001 (19.04.01)Date of mailing of the international search report
01 May, 2001 (01.05.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00785

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 7-201021, A (Sony Corporation), 04 August, 1995 (04.08.95), Full text; Figs. 1, 2 (Family: none)	16
X	JP, 7-73419, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 17 March, 1995 (17.03.95), Par. No. [0003]; Fig. 8 (Family: none)	16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00785

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-15 relate to a thin magnetic head characterized by being provided with a radiating layer spreading along a base surface around a lower pole layer, and to a magnetic head assembly.

Claim 16 relates to a composite thin film magnetic head which is not provided with said radiating layer.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ G11B 5/31
 Int. Cl⁷ G11B 5/39

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ G11B 5/31
 Int. Cl⁷ G11B 5/39

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 6-150253, A (リードライト・エスエムアイ株式会社) 31. 5月. 1994 (31. 05. 94) 全文, 第1-7図 (ファミリーなし))	1-15
A	日本国実用新案登録出願5-25590号 (日本国実用新案登録出 願公開6-84507号) の願書に添付した明細書及び図面の内容 を記録したCD-ROM (シチズン時計株式会社) 2. 12月. 1994 (02. 12. 94) 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 04. 01

国際調査報告の発送日

01.05.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

馬場 慎



5D 9743

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 7-121826, A (アルプス電気株式会社) 12. 5月. 1995 (12. 05. 95) 全文, 第1-10図 (ファミリーなし)	1-15
X	J P, 5-182145, A (株式会社日立製作所) 23. 7月. 1993 (23. 07. 93) 全文, 第1図 (ファミリーなし)	16
X	J P, 6-36234, A (ティーディーケイ株式会社) 10. 2月. 1994 (10. 02. 94) 全文, 第1, 3図 (ファミリーなし)	16
X	J P, 7-201021, A (ソニー株式会社) 4. 8月. 1995 (04. 08. 95) 全文, 第1, 2図 (ファミリーなし)	16
X	J P, 7-73419, A (松下電器産業株式会社) 17. 3月. 1995 (17. 03. 95) 【0003】, 第8図 (ファミリーなし)	16

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-15は、下部磁極層の周囲で基礎面の表面に沿って広がる放熱層を備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド及び磁気ヘッドアセンブリに関するものである。
請求の範囲16は、前記放熱層を備えていない複合薄膜磁気ヘッドに関するものである。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.